

# Säker utvärdering av stegljud i alla typer av byggnadsstommar – $L_{nT,w,25}$

Resultaten från forskningsprojektet *AkuTimber* vid Luleå tekniska universitet och de föregående projekten *AkuLite* och *Aku20* har nu sammanställts. Fältmätningar och enkäter i sammanlagt 38 nyare flerbostadshus med vitt skilda typer av stomsystem har analyserats. Resultaten ger en tydlig rekommendation om hur byggreglernas krav på stegljudsnivå i bostäder bör justeras. Man får god samstämmighet mellan hur störda boende känner sig av stegljud och mätresultat med den vanliga stegljudsmaskinen om frekvensområdet utvidgas ned till 25 Hz för att ta mer hänsyn till de allra lägsta frekvenserna (dunsljuden). Det nya förslaget till utvärdering av stegljud fungerar på alla typer av stomsystem, inklusive lätta trähus, massivträhus och betonghus. Förslaget lämnas till SIS om uppdatering av bilaga A i ljudklassningsstandarden för bostäder SS 25267. Om BBR skulle uppdateras enligt förslaget, så skulle några av de undersökta stomsystemen behöva något förbättrad ljudisolering, men de flesta skulle uppfylla även de reviderade kraven. För att uppnå ljudklass B med det nya kravet, så skulle fler stomsystem behöva förbättras.



Illustration: Kim Simmons.

Målet för alla tre projekten har varit att ta fram ett frekvensviktat entalsvärde som har god samstämmighet med hur boende upplever störning från stegljud, oavsett vilken typ av byggnadsstomme som används i huset. En utförligare bakgrund finns i tidigare artiklar i *Bygg & teknik* om forskningsprojekten *AkuLite*, *Aku20* och det avslutande projektet *AkuTimber* vid Luleå tekniska universitet (LTU) [1]. Arbetet har bedrivits med stöd från Formas och Energimyndigheten [2]. Resultaten beskrivs detaljerat i flera *peer-review* granskade artiklar. [3] [4]



**Christian Simmons**  
Simmons Akustik & utveckling ab



**Fredrik Ljunggren**  
Luleå tekniska universitet

## Resultat från 38 bostadshus med olika stomsystem

Resultaten baseras på fältmätningar och enkätundersökningar i 38 bostadshus i olika områden i Sverige, där de flesta hus är mer eller mindre nybyggda. Husen har helt olika typer av stomsystem, med 17 lätta byggnader med träskivor på reglar, 11 massivträhus och 10 betonghus. Fler än 1200 hushåll har besvarat enkäten. Enkätsvaren är relativt jämnt fördelade med tanke på andra faktorer som skulle kunna ha viss inverkan, exempelvis upplåtelseform, bostadsort, kön, ålder, antal personer boende i hushållet med flera.

De statistiska analyserna visar, att istället för dagens mått  $L_{nT,w,50}$  (=högsta värdet av  $L'_{nT,w}$  och  $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ ), som utvärderas från stegljudsnivåer i intervallet 50–3150 Hz enligt SS-EN ISO 717-2, så bör byggreglerna utvidga kravet ned till 25 Hz. Detta kan förkortas på motsvarande sätt till (=högsta värdet av  $L'_{nT,w}$  och  $L'_{nT,w} + C_{I,25-2500}$ ), dock utan att korrigera efterklangstiderna i

frekvensbanden 25, 31 och 40 Hz.  $L'_{nT,w}$  behövs fortfarande för att säkerställa dämpning vid höga frekvenser, exempelvis vid hårda golvbeläggningar på tunga bjälklag. Det föreslagna måttet har högre korrelation till enkätsvaren från de boende än det mått som föreslogs i den första etappen ( $L'_{nT,w} + C_{I,AL,20-2500}$ ), men lägger inte fullt så stor vikt vid ljudnivåer i frekvensbanden 25–50 Hz och använder inte heller 20 Hz-bandet i viktningen.

Minimikravet i BBR (med Ci-term) skulle med detta utvidgade mått kunna justeras något, från  $\leq 56$  dB till  $\leq 59$  dB med bibehållen störningsnivå. Sammantaget bedöms att flertalet av dagens stomsystem skulle uppfylla ett sådant reviderat minimikrav i BBR, men för att uppnå även en reviderad ljudklass B skulle något fler behöva förstärkas på olika sätt.

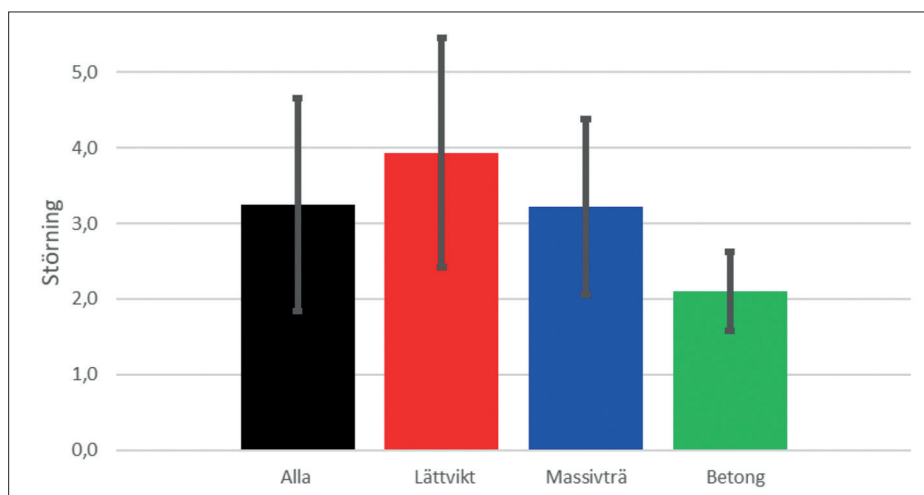
I denna artikel fokuserar vi på stegljudsisolering, som hade klart högre andel störda jämfört med andra typer av ljud, men vi ser även på luftljudsisoleringen. Flera typer av statistiska utvärderingar

har provats och befunnits ge relativt samstämmiga resultat, varför många detaljer i beräkningarna utelämnas här. Medelvärden av svaren på frågan om störning från stegljud (skala 0–10), fördelade sig enligt figur 1. Man ser att det är vanligare att känna sig störd av stegljud i hus med lätta stomsystem jämfört med hus i massivträ eller betong, även om det skiljer sig åt mellan olika hus inom respektive byggnadskategori.

Samstämmigheten mellan enkätsvar och fältmätningar utvärderades med måttet ”förklaringsgrad”,  $R^2$  för att se hur stor del av ”störningsbetyget” som kan förklaras av stegljudsnivån i byggnaden [5]. Ett högt värde motsvarar god samstämmighet medan ett lågt värde gör det troligt att andra faktorer har större inverkan på störningsbetyget än stegljudsnivån. I tabell 1 visas  $R^2$  i procent för flera sammanfattande störningsbetyg från enkäterna. Dels jämförs stegljudsnivån med medelvärdet av enkätsvar, dels med den andel svar som överstiger betyget 7, där 0 motsvarar ”blir inte alls störd” och 10 är ”blir extremt störd” av stegljud.

Resultaten bekräftar tidigare slutsatser, att det inte är tillräckligt att ställa krav med det frekvensviktade entalsvärdet  $L'_{nT,w}$ , som ”bara” utvärderas i intervallet 100–3150 Hz, förklaringsgraden blir bara 11–12 procent. Måttet missar inverkan av lågfrekvent stegljud, lekande barn och ”dunsar”. Med den spektrumanpassningsterm som lades till i byggreglerna 1999 ( $C_{1,50-2500}$ ), ska stegljudsnivåerna summeras i alla frekvensband 50–2500 till en linjär nivå (och korrigeras med –15 dB). Detta mått är mer träffsäkert, förklaringsgraden ökar till 36–40 procent i de undersökta objekten. Genom att utvidga frekvensområdet ytterligare ned till 25 Hz och utelägna korrigering för efterklangstiderna i de lägsta frekvensbanden, så kan förklaringsgraden förbättras till 62 procent. De höga  $R^2$ -värden som redovisades i tidigare etapper har minskat nu när fler byggnadstyper har lagts till, men förklaringsgraden är fortfarande tillfredsställande med tanke på att den baseras på enkätsvar från ett stort antal boende med vitt skilda förutsättningar och upplevelser av stegljud från sina grannar. Trots lägre förklaringsgrad är tendensen densamma, utvärdering av stegljud från 20 alternativt 25 Hz svarar i betydligt högre utsträckning mot de boendes störningsbetyg jämfört med utvärdering från 50 eller 100 Hz.

I figurerna 2–4 redovisas resultaten från linjära regressionsanalyser mellan de 38 byggnadernas ”störningsbetyg” (andel svar  $\geq 7$ ) på y-axlarna och olika frekvensviktade entalsvärden på x-axlarna. I diagrammen 2–4 är alltså ”y-värdena” lika, medan vi



**Figur 1:** Medelvärdet av enkätsvar, på frågan om hur mycket man störs av stegljud från grannarna på en skala 0–10, där 0 innebär att man inte alls blir störd och 10 att man blir extremt störd. Staplarna visar alla objekt, lätta byggnader (röd stapel), massivträhus (blå stapel) och betongbyggnader (grön stapel). Se tidigare artikel [1]. Spridningen av svar från alla hushåll inom respektive byggnadskategori visas med streck för plus minus en standardavvikelse.

**Tabell 1:** Förklaringsgrad  $R^2$  (%) för olika frekvensviktade entalsvärden, på basis av resultat från 38 flerbostadshus respektive från tidigare rapporter baserad på 23 objekt (sista raden). Rader markerade med (\*) avser att korrigering har gjorts för efterklangstider till referensvärdet 0,5 sekunder i frekvensbanden 20, 25, 31 och 40 Hz. Rader med (\*\*) avser värden utan sådan korrigering.

Antal	Andel	$L'_{nT,w}$	$L_{nT,w,50}$	$L_{nT,w,25}$	$L_{nT,w,20}$	$L_{nT,w,AL,25}$	$L_{nT,w,AL,20}$
38 objekt*	$\geq 7$	11	40	58	51	59	42
38 objekt**	$\geq 7$	11	40	62	49	58	39
38 objekt*	Medel	12	36	53	46	54	37
38 objekt**	Medel	12	36	57	44	54	36
23 objekt*	Medel	18	50	72	71	77	67

provar olika ”x-värden”. Förklaringsgraden  $R^2$  visas i respektive diagram, på basis av den räta linje som ger bäst anpassning till mätvärdena. Punkterna samlas närmare regressionslinjen i figur 4 jämfört med i figur 2 och figur 3. Man kan även se i figur 4, att punkterna för de lätta byggnaderna samlas till höger, betongbyggnaderna finns till vänster medan massivträbyggnaderna position varierar.

Man kan lätt förledas att dra slutsatser av de enskilda punkterna i diagrammen, men det bör man undvika. Några prov har gjorts att analysera trenden för enbart en typ av stomme, men resultatet blev för osäkert. Avsikten med att ta in helt olika hustyper, undersöka hus i olika delar av landet och tillse att olika åldersgrupper med mera är representerade var just att få fram en stabil grund för en statistisk analys av hela underlaget.

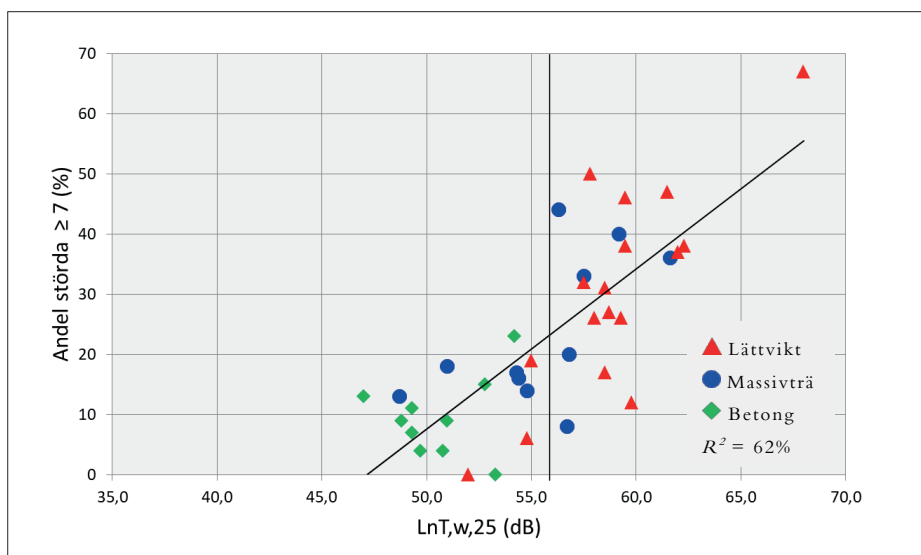
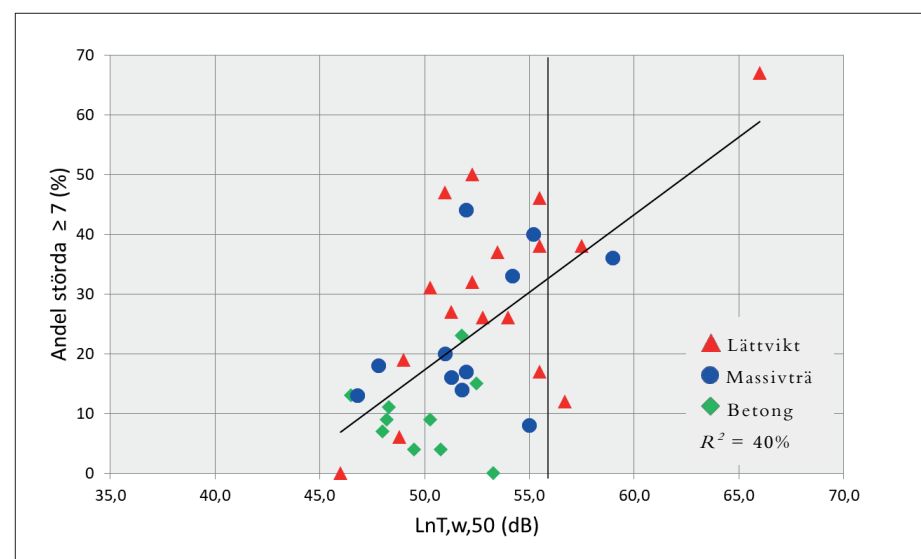
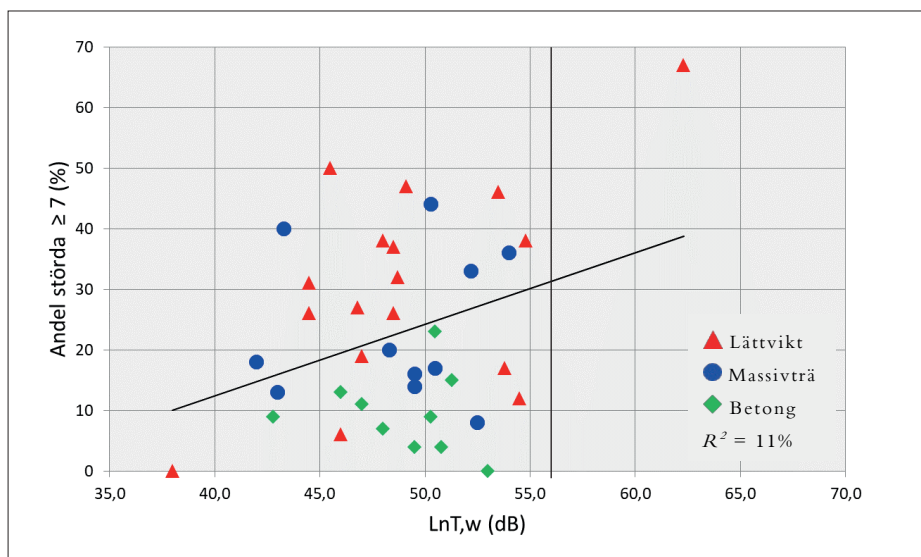
### Störningsgrad för luftburna ljud

Enkätsvarna grupperades även i kategorier, motsvarande dem som används i ISO/TS 15666. Den numeriska 11-gradiga intervallskala som användes i enkäten går från noll (inte alls störd) till 10 (extremt störd). En så kallad ordinalskala (eller kategoriskala) med fem alternativ beräknades genom att gruppera svaren så här: (0) inte alls störd, (1–3) något

störd, (4–6) måttligt störd, (7–9) mycket störd och (10) extremt störd. Indelningen har vi gjort på basis av erfarenhet, och i linje med tidigare redovisad forskning [6], väl medvetna om att fördelningen av svar hade kunnat skilja sig om vi hade erbjudit sådana svarsalternativ i enkäten. Syftet med redovisningen är dock främst att jämföra olika sätt att fastställa övergripande betyg, inte att bedöma deras absoluta värden.

Figur 5 visar, att dagens krav på luftljudsisolering i BBR ( $D_{nT,w,50}$ ) som alla hus utom två uppfyller verkar fungera ganska bra, de allra flesta boende störs i liten grad, dvs de är hyggligt tillfreds med luftljudsisoleringen i sina bostäder. För vardagliga ljud är det 10–12 procent som störs mycket, 21–26 procent som störs måttligt. Notabelt är att 23 hus uppfyller de högre ljudklasserna B eller till och med A, så andelen störda i figur 5 skulle kanske ha ökat om alla hus bara hade uppfyllt BBR:s minimikrav.

Ett enkelt prov har gjorts nyligen, särskilt för denna artikel (utanför *AkuTimber*), där vardagliga ljud har registrerats under flera dagar vardera hos fem familjer med barn i olika åldrar och olika aktiviteter (tack till kollegor och grannar). För att få lite mer spridning i underlaget lades 1 timme högljudd musik till per dag, pop-



Figur 2-4: Linjär regression (kurvanpassning) av störningsbetyget "andel störda större än eller lika med 7" (på en skala 0-10), jämförda med frekvensviktade entalsvärden  $L_{nT,w}$  (BBR före 1999),  $L_{nT,w,50}$  (BBR efter 1999) och  $L_{nT,w,25}$  med resulterande förklaringsgrader  $R^2$  om 11, 40 och 62 %.

och klassisk. Sammanfattningsvis visade mätningar i fem minuters intervaller under totalt 326 timmar, att  $L_{Aeq}$  var över 70 dBA under 5 % av alla timmar (1.2 tim / dygn i snitt)  $L_{Aeq}$  var över 80 dBA under 0,3 % av alla

timmar (2 min / dygn i snitt)  $L_{AFmax}$  var över 75 dBA under 33 % av alla timmar (95 gånger / dygn i snitt)  $L_{AFmax}$  var över 85 dBA under 14 % av alla timmar (41 gånger / dygn i snitt)  $L_{AFmax}$  var över 95 dBA under 1,8 % av

alla timmar (5 gånger / dygn i snitt)

Den A-vägda ekvivalenta ljudnivån överskrider således mycket sällan 80 dBA under mer än fem minuter. Enstaka händelser (maximalnivåer) överskrider sällan 95 dBA. Detta innebär att i bostadshus som uppfyller BBR-kravet (ljudnivåskillnad  $D_{nT,w,50}$  större än 52 dB), så kommer ljudnivån i angränsande bostad mycket sällan att överskrida 28 dBA ekvivalentnivå eller 43 dBA maximalnivå. Ljud vid dessa nivåer är ganska tydligt hörbara och kan upplevas störande, såvida inte bakgrunds-nivån är förhöjd av någon anledning. Men man kan nog ändå bedöma, att minimikravet på luftljudsisolering i BBR som är avsett att skydda mot oacceptabelt störande ljud (hälsorisk) är tillfyllest. Störningar bör inte förekomma så ofta under vardagliga förhållanden och risken för att överskrida riktvärdena i Folkhälsomyndighetens allmänna råd (30 dBA ekvivalentnivå, 45 dB maximalnivå) verkar inte heller vara så stor. I de hus där man har ljudklass B (4 dB högre ljudnivåskillnad) dämpas ljuden i angränsande bostad till 24 dBA respektive 39 dBA och de bör i de flesta fall inte uppfattas som mycket störande.

Sedan är det en annan sak, att i samband med fester med högljudda röster eller musik med stark bas så kommer ljuden att höras tydligt och störa grannarna, men då är det snarare en fråga om typ av ljud, tidpunkter och varaktighet som avgör om man riskerar att störa grannarna eller inte. Man kan fråga sig, vilka ljudnivåer som är rimliga att dimensionera byggnaden för och vilka nivåer som bör betraktas som en trivsel- och ordningsfråga. Man måste ju få ha lite vänner hemma, spela musik och låta barn vara barn. I England har man som jämförelse satt den gränsen till 34 dBA! Detta tål nog att diskuteras och fundera vidare på när det gäller svenska byggregler.

Figur 6 visar spektra för ekvivalentnivåerna, som baseras på medelvärden av de 5 minuters registreringar över hela mätperioden (336 timmar) som överskrider 40 dB i respektive tersband. Tanken är att inte ta med de tysta perioderna i analysen. Diagrammet visar också 95 procent och 99 procent fraktiler, som överskrids i 5 procent respektive 1 procent av registreringarna.

Kravet i BBR ( $D_{nT,w,50}$ ) förefaller rimligt anpassat, spektrat för 1 procent av ekvivalentnivåerna ligger omkring 70 dB i intervallet 63 Hz och 1 kHz, men ligger lägre utanför detta frekvensintervall. Maximalnivåerna har inte analyserats, men de bedöms ligga högre. Diagrammet pekar på att man möjligen skulle kunna



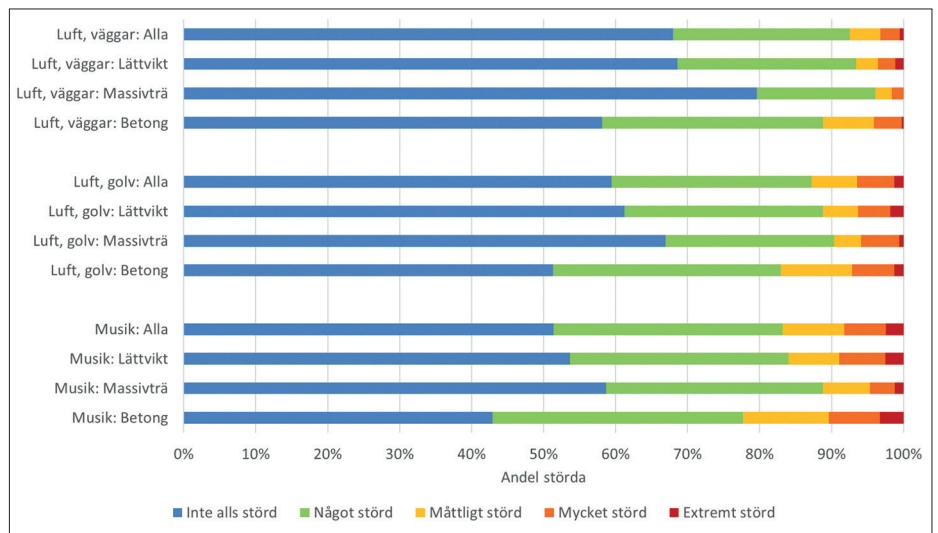
lägga lite mer vikt på isoleringen 63 Hz-1kHz, där både musik och högljudda röster har mest energi. Vid mätning förekommer det, att det är frekvenser över 1 kHz som drar ned  $D_{nT,w,50}$ -värdet, så kanske måttet är lite onödigt strängt över 1 kHz. Men vilka frekvenser som upplevs som mest störande är en annan sak, den frågan behöver man undersöka separat och basera på en mycket större studie än detta enkla prov. Så  $D_{nT,w,50}$  får nog hänga tills vi har något bättre mått!

### Störningsgrad för stegljud

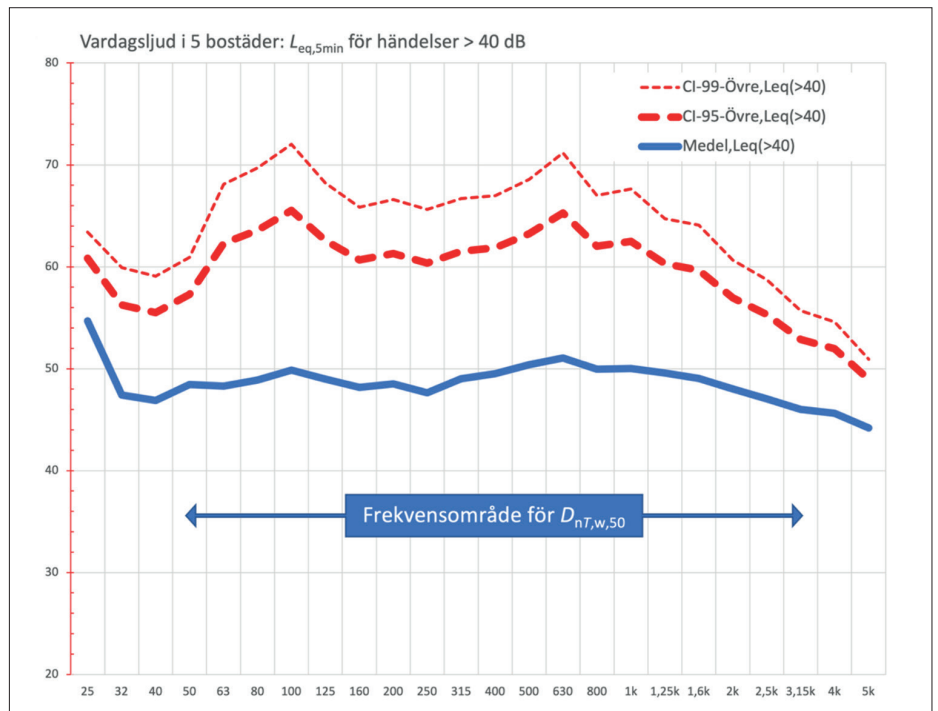
Med dagens krav  $L_{nT,w,50}$  har vi beräknat att så många som 32 procent upplever stegljud som mycket störande eller till och med extremt störande, se figur 7. Stegljud förekommer ofta och det är svårt för grannarna att undvika att alstra stegljud, man måste ju få gå omkring obehindrat i sin bostad, man kan ju inte kräva att de ska "tassa fram". Med ett nytt entalsvärde, baserat på utvärdering inom ett utvidgat frekvensområde 25–2500 Hz, skulle kravet  $L_{nT,w,25}$  kunna sättas till 59 dB om målet vore att ha oförändrad störningsgrad. Våra beräkningar visar, att om kravvärdet 56 dB behålls, men för  $L_{nT,w,25}$ , så skulle andelen mycket störda eller extremt störda minska till 21 procent (förutsatt att kravet uppfylls). För att reducera störningar från stegljud till samma omfattning som från luftburna ljud, skulle kravet behöva skärpas till  $L_{nT,w,25} \leq 50$  dB. En uppföljande mindre studie inom ett urval boende som har svarat på enkäten [7] visade att i kategorin mest störda var det till och med vanligt att bli väckt av stegljud, vilket kan medföra en avsevärd hälsorisk sett på hur en hel befolkning skulle påverkas. Det finns således skäl att överväga en skärpning av stegljudskravet i byggreglerna, men det är långt ifrån självklart hur strikt man skulle behöva sätta ett sådant krav.

### Mätosäkerhet i ljudnivåer och efterklangstider

Tillförlitligheten i ljudnivåmätningar enligt SS-EN ISO 16283-2 har studerats inom tidigare forskningsprojekt [8]. Det visade sig då, att den använda metoden med fem fasta mikrofonpositioner, väl fördelade i rummet, inte ger någon markant sämre mätnoggrannhet av ljudtrycksnivån under 50 Hz jämfört med 50–200 Hz. Förklaringen är sannolikt att vid mycket låga frekvenser är våglängden lång, det blir få positioner i rummet där man har stora variationer i ljudnivå, och då ger ett medelvärde av många utspridda positioner ett stabilt rumsmedelvärde. Inte heller är spridningen mellan olika rum



Figur 5: Andelar av olika störningskategorier som avser störning av luftburna ljud från angränsande bostäder, avseende vardagliga ljud genom väggarna, genom golven eller orsakade av musik.



Figur 6: Ekvivalentnivåer vid olika frekvenser 25–5000 Hz, registrerade i fem minuters intervaller under sammanlagt 336 timmar hos fem barnfamiljer, där de nivåer som överskridit 40 dB i respektive tersband valts ut för beräkning.

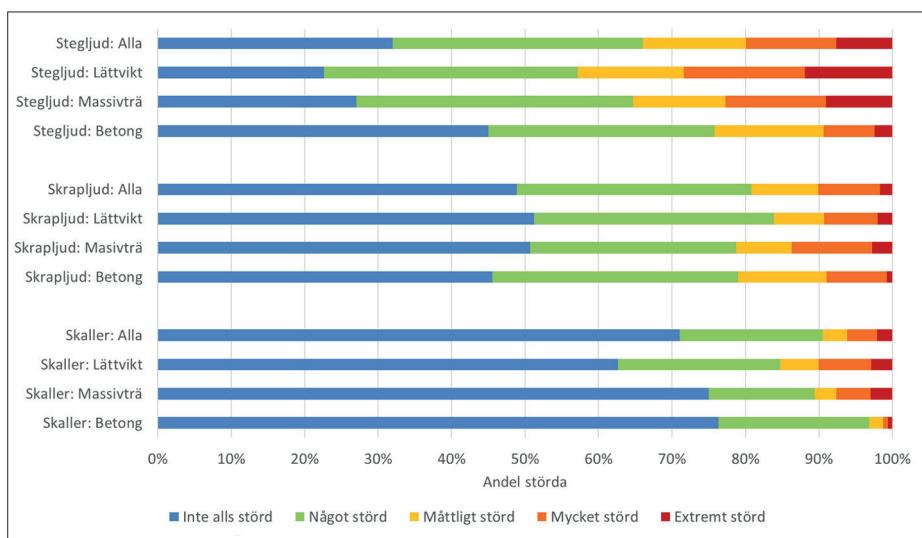
inom samma byggnad påtagligt större än den generella spridningen i fältmätningar. Men observera, mäter man i för få positioner kan mätfelet bli betydande.

Notabelt är, att ett finskt forskarteam nyligen uppmärksammade ISO på att den så kallade lågfrekvensmetoden för små rum i standarden ger omkring 3–4 dB systematisk överskattning av stegljudsnivån i frekvensbanden 50, 63 och 80 Hz i jämförelse med ett medelvärde från mätningar i många mikrofonpositioner [9]. Deras studie bekräftar resultaten från AkuLite-mätningarna 2012, som presenterades för ISO-kommittén när 16283-serien togs fram [8]. Denna metodeffekt har dock inte jämförts med subjektiva bedömningar av ljudnivån i sådana rum

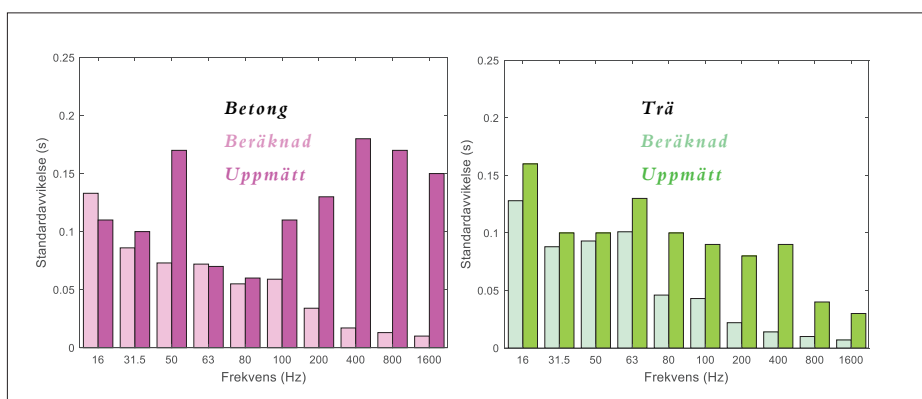
och metoden har inte heller använts i något av Akuprojekten. Det förefaller således lämpligt att ta bort hänvisningen till lågfrekvensmetoden i byggreglerna, eller skriva in att man får korrigera för denna systematiska inverkan av mätmetoden jämfört med tidigare praxis, med såg -3 dB.

Tillförlitligheten i efterklangstidsmätningar vid låga frekvenser har också studerats genom att göra omfattande jämförelser i några normalstora sovrum med olika material och inredning [10].

Flera praktiska slutsatser kunde dras av jämförelserna. Mätning av impulsvar och baklängesintegration av detta ger en tillförlitligare bestämning av efterklangstiden än vid mätning med avbrutet brus. Medelvärden av mätningar i fem



**Figur 7:** Andelar av olika störningskategorier som avser störning av stomburna ljud från angränsande bostäder i flerbostadshus, avseende gångtrafik, diverse slag- eller skrapljud eller kännbara vibrationer i inredning eller golv.



**Figur 8:** Teoretiskt beräknade standardavvikelse i efterklangstider, respektive uppmätta, i två sovrum med huvudsakligen betong (vänster) respektive trä (höger) i stommen. Ljusa staplar visar teoretiskt beräknade värden, mörkare staplar visar uppmätta värden (med impulssvarmetoden i SS-EN ISO 3382-2).

positioner är något säkrare än mätning i tre positioner enligt standarden SS-EN ISO 3382-2.

Mätning av efterklangstider under 50 Hz blir inte tillförlitliga, av flera skäl. Dessutom avtar inverkan av möblemang under 100 Hz och är närmast försumbar under 50 Hz. Det förefaller således både osäkert och onödigt att göra korrekationer för efterklangstider i frekvensområdet 25–50 Hz. Vid beräkning av korrelationen med enkätsvaren fick vi för  $L_{nT,w,25}$  bättre överensstämmelse när vi inte korrigerade för efterklangstider under 50 Hz.

### Beräkning av ljudisolering jämfört med fältmätningar

När det gäller tillförlitligheten i beräkningar av stegljudsnivåer i färdig byggnad, har en jämförelse med fältmätningar redovisats i en tidigare artikel [11]. Sammanfattningsvis visade jämförelserna, att tillförlitligheten är väsentligt bättre i hus med tung betongstomme jämfört med lätta stommar, men i det senare fallet kan noggrannheten förbättras genom att analysera ingående byggdelar var för sig och ta fram

indata till beräkningar på basis av medelvärden, snarare än att utgå från enstaka fält- eller labbmätningar. Marginalen för lätta stomsystem bör ökas med minst 2 dB jämfört med tunga stommar, i frekvensområdet 50–3150 Hz. Motsvarande utvärdering i det utvidgade frekvensområdet 25–3150 Hz är ännu inte gjord.

Standardiserade beräkningar kan i dagsläget inte göras i frekvensområdet 25–50 Hz, men erfarenhet visar att ökad tyngd och styvhet bidrar till att reducera stegljud vid dessa frekvenser. Man kan se att objekten med betong eller massivträ i stommen har ganska liten skillnad mellan dagens krav  $L_{nT,w,50}$  och det föreslagna kravet  $L_{nT,w,25}$ . Det vore förstås bra om beräkningsmetoderna utvidgades ned till 25 Hz, men det är inte helt enkelt ur teoretisk synvinkel. Tills vidare får vi förlita oss på tillverkarnas erfarenheter, provhusbyggen och liknande.

### Slutsatser

Forskningsprojekten har lett fram till en tydlig slutsats om ett frekvensviktat entalsvärde som bör användas i bygg-

reglerna för att ställa krav på stegljudsisolering mellan bostäder. Dagens mått  $L_{nT,w,50}$  bör utvidgas till  $L_{nT,w,25}$ , utan korrigering för efterklangstiderna i frekvensbanden 25, 31 och 40 Hz. I kravet ingår att  $C_T$ -termen ska sättas till noll om den blir negativ. Kravet har en god samstämmighet med hur boende generellt kan förväntas uppleva störning av stegljud (i enskilda fall kan det variera) och kravet kan tillämpas på alla typer av byggnadsstommar. När det gäller luftljudsisolering förefaller dagens krav att fungera bra. Hur ljudklasserna A och B i svensk standard bör utformas återstår att bestämma. ■

### Referenser

- [1] Aku20 – Utvärdering av stegljudsisolering under 50 Hz. FLjunggren, C Simmons och R Öqvist. Bygg & teknik 3/2018, sid 24. [www.byggteknikforlaget.se](http://www.byggteknikforlaget.se).
- [2] Formas (anslag 2018-01084) Energimyndigheten (anslag 46771-1).
- [3] Correlation between sound insulation and occupants' perception – Proposal of alternative single number rating of impact sound, Part III. F Ljunggren, C Simmons. Applied Acoustics, (under granskning våren 2022).
- [4] Airborne and impact sound insulation in multi-family houses – Proposal of single number limits for acoustical protection and comfort. F Ljunggren, C Simmons. Journal of Building Engineering, (under granskning våren 2022).
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_of\\_determination](https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_determination)
- [6] The use of verbal labels in noise annoyance scales. B Rohrmann. Dept. of Psychology, University of Melbourne, Australia. Proceedings "NOISE AS A PUBLIC HEALTH PROBLEM" Sydney: Noise Effects '98 Pty, (vol. 2, 523-526)
- [7] Störande stegljud i hus med trästomme är inte en myt. C Simmons, Bygg & teknik nr 3 2020. [www.byggteknikforlaget.se](http://www.byggteknikforlaget.se)
- [8] Uncertainties of room average sound pressure levels measured in the field according to the draft standard ISO 16283-1. Experiences from a few case studies. C Simmons. AkuLite report 3, SP Report 2012:28. <https://www.simmons.se/Filer/PDF-filer/AkuLite-no-3-Uncertainties-Simmons-SP-report-2012-28.pdf>
- [9] M Kylliäinen, L Talus, J Lietzén, V Kovalainen, P Latvanne. 2022. Assessment of the low-frequency procedure in the field measurements of impact sound insulation between dwellings. Applied Acoustics. Vol. 185, article 108399. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108399>
- [10] Uncertainty of in situ low frequency reverberation time measurements from 20 Hz – An empirical study; Part II: Impulse response method. F Ljunggren, C Simmons, M Pettersson. Noise Control Engineering Journal, (under granskning våren 2022).
- [11] Jämförelse mellan beräkningar och fältmätningar av ljudisolering. C Simmons. Bygg & teknik 3/2020, sid 44. [www.byggteknikforlaget.se](http://www.byggteknikforlaget.se).